

## 7 CASE 2: DESIGN AF ROBOTTEKNOLOGISK LÆREMIDDEL NUMBER BLOCKS

---

- DESIGN AF NYE ROBOTSYSYSTEMER SOM CENTRUM FOR LÆREPROCESSER

**Resume** Kapitlet beskriver udviklingen af et modulært robotsystem læremiddel til støtte for matematikundervisning i indskolingen. Konkret består læremidlet af interaktive klodser, og det kan bruges til at understøtte undervisning i positionssystemet og sammenligning af tal. På dansk er det særligt vanskeligt at lære at udtrykke tal, fordi vi i udtaleformen bytter om på de to mindst betydende cifre f.eks. siger vi en-og-tyve og ikke "tyve-og-en" (Majgaard, 2010). Udviklingen er foregået som en del af design based action research (jævnfør afsnit 5), og i samarbejde mellem DPU, DTU, Rosengårdskolen og SDU. Fra Rosengårdskolen deltog en anden klasse deres matematiklærer og en referencegruppe af matematiklærere fra indskolingen som aktive deltagere i designprocessen. Læremidlet forbinder fysisk interaktion, læring og øjeblikkelig feedback. Overraskende fandt børnene det sjovt at konkurrere om, hvem der kunne bygge det største tal. Dette eksemplificerer den tætte forbindelse mellem læringsmål, gameplay og læremidlet.

Kapitlet er skrevet med udgangspunkt i udviklingen af "Number Blocks" og nedenstående artikler.

Majgaard, G., Misfeldt M., og Nielsen J., "Robot technology and Numbers in the Classroom", IADIS CELDA 2010 Proceedings, 2010. (peer reviewed short paper)

Majgaard, G., Misfeldt M., og Nielsen J., 2011. "How Design-Based Research, Action Research and Interaction Design Contributes to the Development of Design for Learning", Artiklen er submittet til *Designs for Learning* (peer reviewed full paper)

### 7.1 INTRODUKTION

---

Kapitlet beskriver udviklingen af et modulært robotsystemlæremiddel til støtte for matematikundervisning i indskolingen. Konkret kan læremidlet bruges til støtte i forbindelse med undervisning i positionssystemet og sammenligning af tal. Positionssystemet er begrebet for hvordan tal udtales afhængigt af det enkelte ciffers position. På dansk er det særligt vanskeligt, at lære at udtrykke tal, fordi vi i udtaleformen bytter om på de to mindst betydende cifre f.eks. siger vi en-og-tyve og ikke "tyve-og-en" (Majgaard, 2010). På f.eks. engelsk og japansk udtales tal i samme rækkefølge som de skrives.

Læremidlet er udviklet i et samarbejde mellem DPU, DTU, Rosengårdskolen og SDU. Fra Rosengårdskolen deltog en anden klasse, deres matematiklærer og en referencegruppe af matematiklærere fra indskolingen som aktive deltagere i designprocessen.

Forsknings og udviklingsmetoden er foregået som en del af design based action research (jævnfør afsnit 5), og der er lagt vægt på, at målgruppen både børn og undervisere skulle være aktive deltagere.

I det omfang det har været muligt har målgruppen været med-designere. Lærere og børn har f.eks. deltaget i brainstorming i de første faser af projektet. Børnene har også indtalt tallene, som brugtes til talesyntesen. Forløbet bygger videre på erfaringerne fra den tidligere case, Fraction Battle.

Læremidlet forbinder fysisk interaktion, læring og øjeblikkelig feedback. Det viste sig, at børnene fandt det motiverende og underholdende at konkurrere om, hvem der kunne bygge det største tal. Dette eksemplificerer den tætte forbindelse mellem læringsmål, gameplay og læremidlet.

I det følgende gøres der rede den konkrete teori der ligger til grund for Number Blocks. Derefter beskrives læremidlet Numberblocks. Dette efterfølges af et resume af udviklingsprocessen herunder en redegørelse for hvordan tidligere designerfaringer, har påvirket gennemførelsen af dette projekt. Til slut vil der være en retrospektiv analyse og en opsamling.

### 7.2 TEORI SOM LIGGER TIL GRUND FOR NUMBER BLOCKS

---

Komparative undersøgelser har vist sprogligt betingede forskelle i talord og forståelse af titalssystemet. (Ejersbo, 2010, Miura et al. 1989 (kilden er bestilt)). En af årsagerne til disse forskelle ligger i, om talordene bruges på en regelmæssig måde, og om talordene afspejler titalssystemet (Ejersbo 2010).

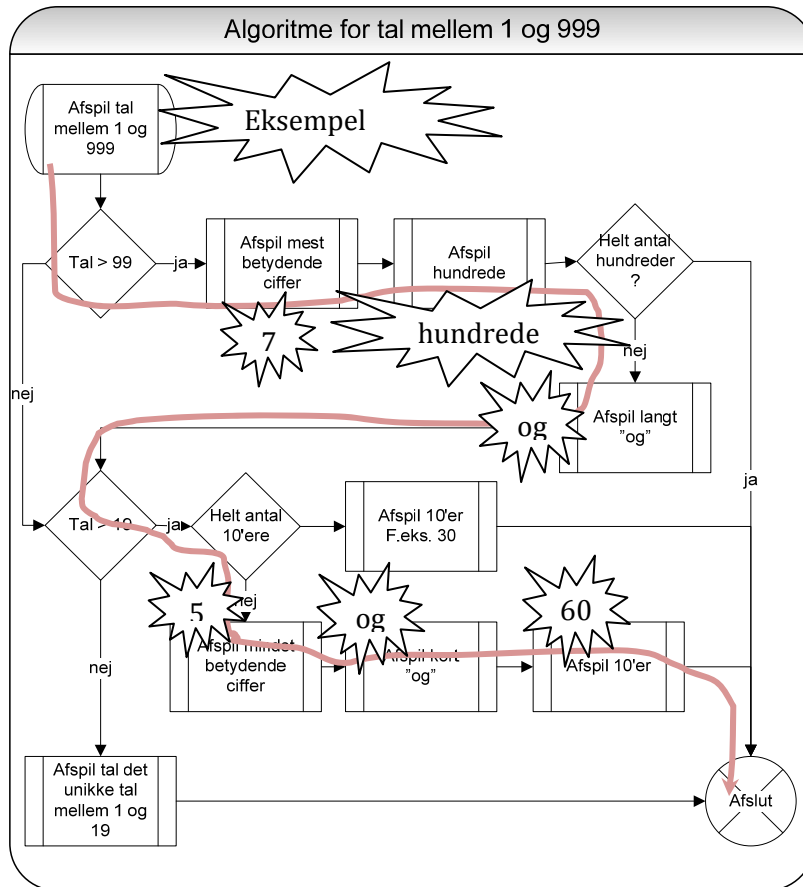
Danske ord for talord mellem en og 100 afspejler ikke systematisk titalssystemet. F.eks. forholder talordene mellem elleve og nitten (11,12,13 ...) og dekadetalle (20,30,40. ...) sig ikke på nogen væsentlig måde til titalssystemet. Tallene halvtreds, tres, halvfjerds, firs og halvfems er de forkortede former af henholdsvis halvtredsindstyve, tresindstyve, halvfjerdsindstyve, firsindstyve og halvfemsindstyve. De ender alle på -indstyve der består af sinde, der betyder 'gange', og tyve. Der er altså i alle disse tal tale om en sneseberegning, hvor tallet ganges med tyve (Karker, 1959).

De særlige tal på halv- kommer af en række gamle talord som halvanden, halvtredje, halvfjerde, halvfemte, som betyder '1½, 2½, 3½, 4½'. I dag overlever kun halvanden som selvstændigt ord. De øvrige bruges udelukkende i de nævnte talord (Karker, 1959):

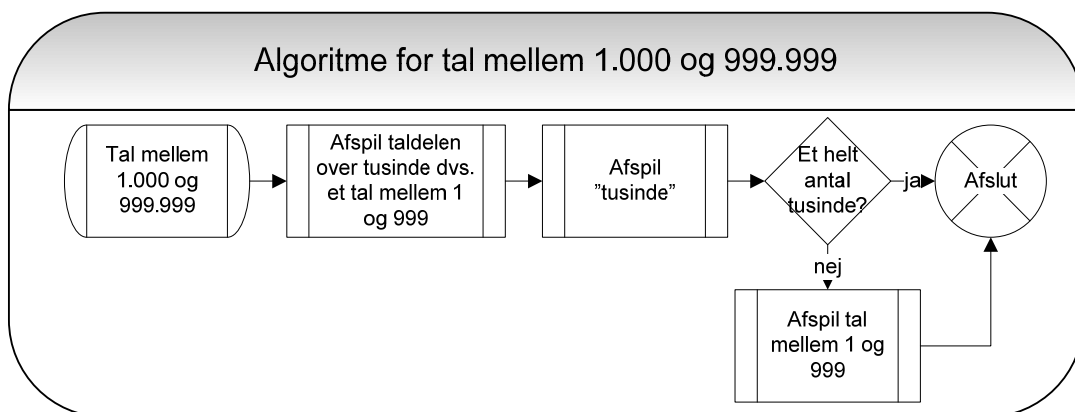
- Halvtredsindstyve: er dannet af halvtredje, sinde og tyve, altså '2½ gange 20'.
- Tresindstyve: er dannet af tre, sinde og tyve, altså '3 gange 20'.
- Halvfjerdsindstyve: er dannet af halvfjerde, sinde og tyve, altså '3½ gange 20'.
- Firsindstyve: er dannet af fire, sinde og tyve, altså '4 gange 20'.
- Halvfemsindstyve: er dannet af halvfemte, sinde og tyve, altså '4½ gange 20'.

Undtagelsen er fyrre eller fyrretyve, som svarer til det gammeldanske fyrriughu, der betyder '4 tiere'. Ordet fyrretyve hører altså i virkeligheden til en titælling (Karker, 1959). Titælling er netop det, man har på f.eks. engelsk og japansk, og det skulle være nemmere dem for at forstå talord, da det er mere systematisk end de danske talord (Ejersbo, 2010).

Hundrederne og tierne udtales desuden i omvendt rækkefølge i forhold til, hvordan de er skrevet, som eksempel på problemerne udtales 65 som '5 og 60'. For tallet 765 udtales først det mest betydende ciffer, se Figur 58, dernæst det mindst og til sidst udtales tierne. Figur 58 udtrykker i øvrigt den komplekse algoritme, som blev brugt som grundlag for design af dele af softwaren i Number Blocks. Den omvendte rækkefølge i udtale af cifre mellem 20 og 100 påvirker også større antal som f.eks. 27.000, Figur 59.



FIGUR 58 ALGORITME FOR TAL MELLEM 1 OG 999



FIGUR 59 ALGORITME FOR TAL MEL MELLEM 1.000 OG 999.999

### 7.3 BESKRIVELSE AF NUMBER BLOCKS

Number Blocks (Figur 60), som er udviklet i dette projekt, er baseret på den generelle platform I-BLOCKS, se 4.4 om I-BLOCKS platformen og deres brug i andre sammenhænge.



FIGUR 60 NUMBER BLOCKS

Number Blocks giver børn mulighed for at udforske tal og deres positioner i titalssystemet. Det foregår på en taktil måde, som fokuserer på, at børnene selv bygger tal ved at forbinde I-BLOCKS. Der er sat cifre på kuberne, og hver kube kommer til at repræsentere et ciffer i det konstruerede tal. Bemærk, at seks sider ikke er tilstrækkeligt til at repræsentere ti cifre, så derfor kan de enkelte kuber udgøre kun en delmængde af cifrene i titalssystemet. Cifret bliver registreret i det indbyggede accelerometer, som så afgør, hvilken side der i øjeblikket vender opad.

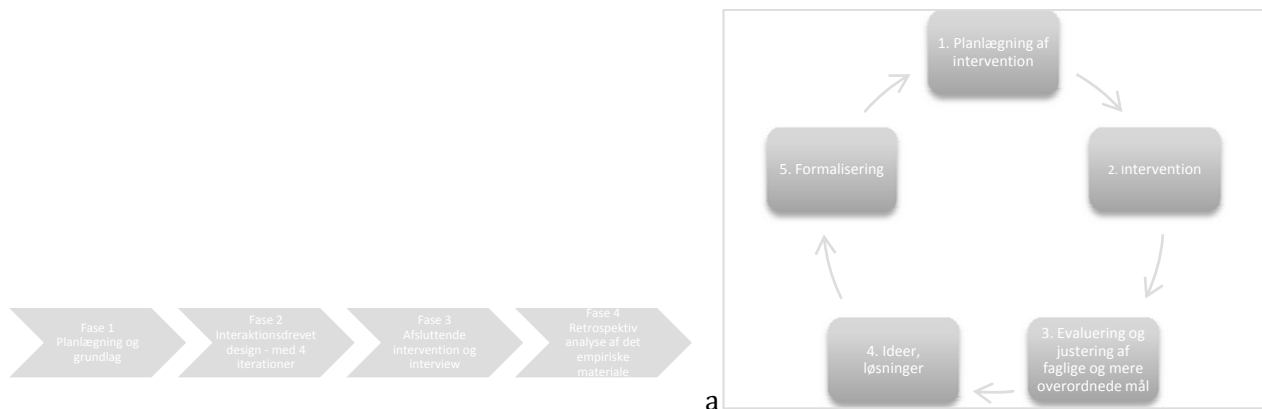
Brugeren forbinder kuberne på række for at skabe større tal, hvilket svarer til at skrive cifre i linjer for at skabe større skriftlige tal. Når børnene så forbinder den særlige master kube til talrækken, afspiller systemet det sammensatte tal.

Det komplette system består af 11 kuber, hvoraf den ene fungerer som en master. Denne master indeholder en Zigbee, som forestår radiokommunikation til en pc. PC'en fungerer som en audio afspilningsenhed for de sammensatte tal, og tallene er indspillet med målgruppens egne stemmer. En algoritme sikrer, at de enkelte cifre afspilles i den rigtige rækkefølge, se Figur 58 og Figur 59. Number Blocks kan også bruges til talsammenligning, f.eks. sammenligning af 3.456 med 4.356.

### 7.4 DEN KONKRETE BRUG AF FORSKNINGSMETODEN DESIGNBASERET AKTIONSFORSKNING

---

Den eksperimentelle forskning involverede en udviklingsproces, der blev udført i fire faser, se nedenstående figur til venstre.



Figur 61. (a) Overblik over den samlede forskningsproces (b) Iterativ cyklus i fase 2

Kort beskrivelse af de fire faser:

- 1) Fase 1 var Planlægning og grundlag, hvor udviklingsprojektet blev planlagt og grundlagt. Derudover blev erfaringer fra det tidligere projekt indarbejdet.
- 2) Fase 2 var den iterative og interaktionsdrevne proces, hvor der med hensyn til Number Blocks var seks iterationer. Hver iteration bestod af planlægning, intervention, evaluering, idegenering, formalisering af ideer og implementering, se Figur 61. (a) Overblik over den samlede forskningsproces (b) Iterativ cyklus i fase 2.
- 3) Fase 3 bestod af en afsluttende intervention med målgruppen, hvor de foreløbige resultater blev fremlagt. Herudover blev elever og lærer interviewet.
- 4) Fase 4 var den retrospektive analyse, hvor læringspotentialer og erfaringer med forskningsmetoden blev analyseret.

I Planlægning og grundlag blev det fastlagt, at alle interventioner med målgruppen skulle optages på video til senere forskningsmæssig efterbehandling og brug i den retrospektive analyse. Derudover blev der udformet en overordnet plan for antallet af interventioner. Endvidere udvalgte vi en konkret målgruppe, og denne samme gruppe var involveret i hele forløbet.

## 7.5 GRUNDLAG FOR PROJEKTET OG ERFARINGER FRA TIDLIGERE PROJEKT (FASE 1)

I det efterfølgende samles grundlaget for projektet. Herunder inddrages erfaringer fra det tidligere projekt om brøkregning i indskolingen. Derudover beskrives forskergruppen og målgruppen kortfattet. Og til slut beskrives forskningsmetoden kort.

### Erfaringer fra "Fraction Battle", som konkret indarbejdes i projektet

Dette projekt har skullet bygge videre på erfaringerne fra "Fraction Battle" (jævnfør afsnit 7). "Fraction Battle" kom således til at danne et slags pilotprojekt for dette projekt. Noget af den kritik, der er blevet

givet i forbindelse med feedback fra parterne i udviklingsprojektet, konferencer, foredrag og vejledning, er så vidt muligt blevet indarbejdet i dette projekt.

Nøgleord for erfaringerne er: gradvis afklaring af læringsmål og udforskning af teknologiens potentialer; transparent planlægning og projektførelse i forhold til målgruppen; mere struktur i inddragelse af målgruppen; hardwarebegrænsninger i forhold til læringsmål, der potentielt kan føre til fejllæring; konkrete læringsmål og trinmål.

Med hensyn til design baseret action research var konklusionen fra "Fraction Battle", at metoden fungerede. Det var en fordel at være i dialog med målgruppen fra første færd, og netop dette medvirkede til at det faglige niveau og dynamikken i spillet kom til at matche. Derudover var det også målgruppens omgang med teknologien, som medvirkede til at afdække teknologiens potentialer. Den gradvise udforskning af potentialerne spillede konstruktivt sammen med den gradvise formulering af læringsmål. Inddragelse på den måde det blev gjort i "Fraction Battle" forudsætter, at man har den konkrete teknologiske platform ved hånden fra begyndelsen.

Vedrørende transparent projektstyring var der f.eks. nogle praktiske og konkrete erfaringer i forhold til samarbejdet med målgruppen. Målgruppen ville gerne vide, hvornår vi kom næste gang. Og de brød sig ikke så meget om, at der var for langt mellem pauser mellem besøgene. I dette projekt blev der derfor efter hver intervention altid sendt en e-mail, hvor der blev orienteret om projektets aktiviteter og planer for det næste besøg. Der blev desuden sendt billeder til klassen, som blev taget i forbindelse med interventionerne. Transparens i forbindelse med udviklingsforløbet sikrer, at både forskere og målgruppen kender status på projektet, at alle ved hvad næste fase går ud på, og hvad der arbejdes på i mellem interventionerne.

I udviklingen af "Fraction Battle" var det ambitionen at inddrage børnene i en meget åben udvikling af ideer til emner og læremidler. Det viste sig, at inddragelsen var meget velegnet til at give en forståelse af børnenes motivation, deres læringspotentialer og måder at arbejde på. Derimod var det svært for børnene at komme med præcise forslag til emner og arbejdsmetoder, da de ikke på forhånd kendte til de emner, de skulle arbejde med. Vi valgte at forfølge deres interesse for at lægge tal sammen og trække tal fra hinanden. Men vi besluttede, at de skulle gøre dette med brøker.

Et af de største problemer med "Fraction Battle" var hardwarebegrænsninger i forhold til læringsmålene. "Fraction Battle" var begrænset af kun, at kunne vise multiplum af sekstendele. Hvis "Fraction Battle" skulle have været udviklet videre, ville det være essentielt at få udryddet denne begrænsning. En begrænsning af denne type vil kunne føre til frustration og forvirring hos målgruppen. Når børn i første omgang lærer om brøker er det ok at lære om halve, fjerde-, ottende- og sekstendele. Men det er en klar begrænsning, at f.eks. tredje-, femte- og syvendele ikke er repræsenterbare. Målgruppen kan blive frustrerede og vise symptomer på forstyrrelse. Det er derfor vigtigt i læreprocessen at give børnene grundlæggende erfaringer om brøker, der komplementerer og supplerer hinanden, således at fejllæring og frustrationer undgås. Forstyrrelse og frustration kan undgås, hvis der er mange og tydelige kontekstmarkører (Bateson 2000 DK:298), og det vil for brøkers vedkommende f.eks. kunne være forskellige repræsentationsformer, det vil sige forskellige typer af grafiske repræsentationer eller decimaltal.

I forlængelse af idegenereringen af dette udviklingsprojekt blev dette forhold italesat, og det var vigtigt, at den udvalgte ide kunne understøttes fuldt ud af den valgte hardwareplatform, eller at platformen

kunne redesignes, så den matchede ideen. Det var essentielt af platformen ikke i sig selv dannede grundlag for fejllæring.

Det er vigtigt af have fokus på samspillet mellem læringsmål og trinmål. I forbindelse med "Fraction Battle" var der ikke fokus på trinmålene. Temaet med brøker passer dog med trin- og slutmål for tredje klasse (Folkeskolens trinmål: bilag 17). Børnene skal efter tredje klasse kende eksempler og brug af decimaltal og simple brøker. Slutmål og trinmål markerer det enkelte fags progression. Slutmål og trinmål er ifølge folkeskoleloven fælles nationale mål for, hvad undervisningen skal lede frem ved afslutningen af bestemte klassetrin (Folkeskolens trinmål: Indledning). I denne case har udviklergruppen haft fokus på trinmål i forbindelse med konceptualisering, og ideen til casen er først godkendt efter, at trinmålene er blevet gransket. I denne case er det særligt trinmål for de naturlige tals opbygning og ordning og titalssystemet (Folkeskolens trinmål: bilag 17), der har været fokus på.

### Flerfagligt samarbejde og målgruppen

Samarbejdet blev til mellem tre forskere: Jakob Nielsen, DTU, Morten Misfeldt DPU og undertegnede.

Det særlige ved samarbejdet var, at vi repræsenterede flere forskellige fagligheder. Jacob Nielsen havde erfaring med den konkrete platform og digitale systemer til leg og uformel læring. Morten Misfeldt havde erfaring med naturvidenskabsdidaktik, matematik og forskellige computerbaserede udviklingsprojekter. Og undertegnede har viden om teknologi, designmetoder og læring. Denne flerfaglighed gjorde det muligt at fokusere både på potentialerne i teknologien kombineret med læringsmål.

Målgruppen bestod af 2.a fra Rosengårdsskolen og deres matematiklærer. Der var i efteråret 2010 ca. 22 elever i 2.a. Under hele udviklingsprocessen fulgtes den samme klasse. Derudover blev der holdt møde med en gruppe af referencelærere, som underviste i matematik i indskoling.

---

## 7.6 RESUME AF UDVIKLINGSPROCESSEN (FASE 2)

---

Udviklingsprocessen kan opdeles i en konceptualiseringsdel og en egentlig udviklingsdel. I konceptualiseringsdelen blev det besluttet, hvilken ide der skulle udvikles, og der blev beskrevet scenarier for den konkrete brug.

Derudover var designprocessen iterativ, jævnfør designbaseret aktionsforskning (se 5 *Forsknings- og designmetode: Designbaseret aktionsforskning*). Processen omfattede seks interventioner med vores målgruppe, som hver varede cirka to timer. Hver intervention blev videooptaget. Temaerne for interventionerne var: (1) Lær hinanden at kende og teknologi (2) Brainstorming og beslutningstagning, (3) Optagelse af lyd, (4) Test af prototype, (5) Sammenligning af tal, (6) Brug af I-BLOCKS, hvor underviseren styrede klodserne.

I forlængelse af sidste intervention blev børn og underviser interviewet.

Efter hver intervention, evaluerede forskergruppen interventionen og besluttede, hvordan projektet skulle skride fremad, f.eks. hvilke ideer som skulle implementeres. Ideerne blev vurderet efter, hvor

centrale de var i relation til de besluttede læringsmål. Derudover blev ideerne afvejet efter, hvor komplicerede eller tidskrævende de var at implementere på platformen.

### **Første intervention. Lære at kende hinanden og teknologien**

Børnene prøvede de eksisterende I-BLOCKS med en musikapplikation (Nielsen et al 2008b.). Målet med interventionen var at vurdere potentialet af I-BLOCKS og at lære hinanden at kende for at gøre det fremtidige samarbejde lettere for både børn og forskere. Børnene blev også inddraget i en helt indledende brainstorm, hvor de kunne fortælle om deres om deres ideer og erfaringer fra arbejdet med matematik. Denne inddragelse blev fulgt op i anden iteration.

Efter denne intervention afholdt forskergruppen en brainstorming, og en række ideer blev vendt, herunder læremiddel til støtte for udtale af tal, funktionalitet i stil med Zuckermans flow-blocks (Zuckerman, 2005) med en række ideer om flow, dynamik kontrol og balance, f.eks. kunne lys visualisere, hvordan vand vil fordele sig i en konstruktion. Derudover var der ideer om at bruge klodserne til afstandsbedømmelse, sandsynlighed, 6-talssystemet etc. Der blev dog af metodemæssige årsager ikke taget stilling til, hvilken ide der var bedst. Det er fra anden forskning anbefalet, at man ikke med det samme udvælger ideer, men at man lader ideerne modne nogle dage (Fullerton, 2008). Derudover skulle målgruppe også have mulighed for at påvirke idegenereringen.

### **Anden intervention 2. Brainstorming og beslutningstagning:**

Målet med denne intervention var målgruppen skulle skabe ideer til et passende læremiddel på I-BLOCKS platformen. Børnene havde ideer om, hvordan man bruger de enkelte blokke til matematik, f.eks. at man kunne lægge sammen og trække ved hjælp af terningerne. Udover brainstorming med børnene havde vi også et møde med en gruppe af matematiklærere fra samme skole. De foreslog, at man kunne bruge I-BLOCKS til at hjælpe børn med at udtale tal. De nævnte desuden, at Montessori havde nogle øvelser med klodser, tal og positionssystemet.

Som resultat af de tre niveauer af brainstorming besluttede forskergruppen at designe et system, der støttede undervisning i ti-talssystemet og de enkelte cifres positioner. Senere var planen, at systemet skulle udvides til også at omfatte taloperationer som f.eks. sammenligning af tal.

### **Tredje intervention og iteration. Optage lyd og udvikling af den første prototype:**

Vores næste skridt var at optage de nødvendige tal for at udvikle talesyntese. For at inddrage børnene som medskabere i designprocessen, valgte vi at bruge børnenes egne stemmer. Det tog ca. to timer at optage de nødvendige tal. 1,2-19;20,30-90,100,200-900,1.000,2.000-9.000 ect. op til 9.000.000.000. Der udover skulle der optages "og" i kort og lang form, idet der er forskel på og'ets længde i tal som f.eks. 527: "femhundrede-(langt)og-syv-(kort)og-tyve".



## Læreprocesser og robotsystemer

Derefter implementeredes den første eksperimentelle prototype af Number Blocks. Herunder er highlights fra koden, som er medtaget, fordi den konkretiserer den særlige danske og germanske udtale af tal.

I Figur 62) ses, hvordan en del af algoritmen for udtale af tal ser ud i programmeringssproget JAVA. Koden fungerer for udtale af tal mellem 1.000 og 999.999, begge inklusive. Først afspilles den del af tallet, som er større end tusinde, dernæst afspilles talordet tusinde, og til sidst afspilles den del af tallet, som er under tusinde, f.eks. 27 – tusinde- 531. Dette afspejler, at tal udtales i klumper på tusinde. I øvrigt svarer Figur 59 til Figur 62, hvor den første er udtrykt med en slags flow-diagrammering og den sidst i JAVA-kode

<pre>If (tal&gt;999){     optil999( tal/1000);     Sounds.saytusinde.play();     if( tal%1000 != 0)         optil999(tal%1000);     else         return; }</pre>	<pre>//tal i området 1.000..999.999 afvikles i denne if-sætning (eksempel 27.515) //Der afspilles den del af talordet der er over tusinde f.eks. 27. //Der afspilles "tusinde" //Hvis tallet er forskellig fra et helt antal tusinde, så kaldes metoden for udtale af //tal mellem 0 og 999, f.eks. 531 //ellers afsluttes</pre>
--	--

FIGUR 62 KODEEKSEMPEL FOR AFSPILNING AF TAL MELLEM 1.000 OG 999.999 BEGGE INKLUSIVE

Algoritmen for afspilning af tal mellem 0 og 999, begge inklusive, er en smule mere indviklet, på grund af den særlige danske udtale af to-cifrede tal, se Figur 63. Den første del af if-sætningen specificerer en betingelse "if(tal>99)", og hvis denne er opfyldt afspilles en optagelse, hvor der benævnes et antal hundreder efterfulgt af "og". Resten af if-sætningen specificerer en situation, hvor den første del ikke er opfyldt: "else if(tal>19)" og "else (tal<=19)".

<pre>Public void optil999(int tal) {     if(tal&gt;99){         hent_op_til_19(tal/100);         Sounds.sayhundrede.play();         if(tal%100 == 0)             return;         else             Sounds.sayog.play();         tal = tal%100;     }     else if(tal&gt;19){         if(tal%10 == 0){             hent_10ere(tal);             return;         }         else{             hent_op_til_19(tal%10);             Sounds.saykortog.play();             hent_10ere(tal-(tal%10));         }     } }</pre>	<pre>//tal i området 0..999 afvikles i denne i metode // hvis tallet er større end 99, // afspil mest betydende ciffer dvs. antal hundreder //derefter afspilles hundrede //hvis et helt antal hundreder afsluttes  // ellers hvis tallet ikke er et helt antal hundreder // afspilles "og"  // cifret for hundreder pilles af tallet  // hvis tallet er større end 19 // og hvis tallet er en hel 10'er, f.eks. 30 // afspilles 10'eren, dvs. f.eks. sige 30  // eller hvis tallet er ikke er en hel hel ti'er, f.eks 31 // afspil eneren, f.eks. 1 // afspil og // afspil ti'eren, f.eks. 30</pre>
--	--

<pre>} else (tal&lt;=19)   hent_op_til_19(tal); }</pre>	<pre>//tallene mellem 0 og 19 udtales individuelt</pre>
---	---

FIGUR 63 KODEEKSEMPEL FRA AFSPILNING AF TAL MELLEM 1 OG 999 BEGGE INKLUSIVE

### Fjerde intervention 4. Test af prototype:

Målet med denne session var at udføre usability test og at vurdere, om der var nok potentiale i designet til at gå videre. Vores indledende observationer viste, at børnene var interesserede i klodserne, at de understøttede eleverne i at udtale tal, og at de klart var interesseret i at bruge Number Blocks til at konstruerer så store tal som muligt, enten med alle klodserne eller med et bestemt udvalg.

Vores fokus var på tallene mellem 1 og 100, idet det er disse tal, som der er særligt fokus på i anden klasse, og det er disse tal, som er særligt udfordrende at udtale (Misfeldt, 2010). Det viste sig dog, at børnene var fascineret af store tal i millionstørrelsen som f.eks. 8.765.654.191. Og mange af børnene kunne med støtte udtale disse tal store tal. Dette faktum kom som en overraskelse for læreren, da klassen kun arbejdede med to og trecifrede tal på dette tidspunkt.

Intervention viste, at børn (i grupper på fire) var i stand til at skabe små spil og konkurrencer med I-BLOCKS uden at blive styret af forskerne. Det var en overraskelse i den forstand, at denne prototype var udformet uden indbygget gameplay. Desuden tyder observationerne på, at samarbejdet blev hjulpet på vej af blokkenes størrelse, idet børnene sammen kunne løse opgaver og snakke om tal.

Efterfølgende blev det besluttet at udvikle en ny version af prototypen, således at man også kunne sammenligne tal.





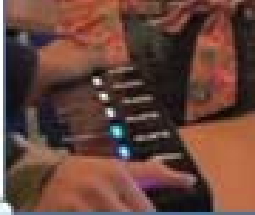

### Femte intervention: Sammenligning af tal

Intervention blev afviklet over to timer med børnene fordelt i grupper på 3-4 mand. Øvelserne handlede i første omgang om at udtale og sammenligne tal. Børnene udtalte og sammenlignede to tal, f.eks. 217 og 318. Herefter blev masterklodsen monteret, og systemet udtalte, hvilket tal der var størst. Børnene kunne for de flestes vedkommende sammenligne tal med tre cifre og fortælle, hvilket der var størst. Børnene blev derefter opfordret til uden at vende klodsen om at gøre forskellen på talstørrelserne så stor som mulig. Børnene blev spurgt om, hvordan man kunne se, at det ene tal var større end det andet. Dette gav anledning til en diskussion om positionernes betydning. Børnene havde godt styr på, hvilken position der var den mest betydende.

Nedenstående tabel er medtaget for at vise eksempler på, hvordan interventionen med børnene foregik. Øvelserne blev indledt med tocifrede tal, som de udtalte og sammenlignede, herefter steg antallet af cifre:

# Læreprocesser og robotsystemer

TABEL 4 TEST MED NUMBER BLOCKS

<p>Børnene bliver bedt om at fortælle, hvilke to-cifrede tal de har foran sig. Det er 84 og 15. Til at begynde har de lidt svært ved at fortælle, at 8 og 4 er 84. Derefter blev de bedt om, at fortælle hvilket tal der er det største. Hvilket de nemt kan fortælle.</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Derefter byggedes der tal med hundrer og tusinder Her udtaler et af børnene 8.754. Herefter gentager robotten. Børnene bliver derefter bedt om at bygge det mindst mulige tal med klodserne, som 4.578. Dette udtales af børn og robot.</p>	 <p>(5:10-14)</p>
<p>Her bygges to tal, som er i størrelsesordenen hundrede og tusinder. Børnene vil gerne sætte de to tal sammen til et stort. Men de bliver i første omgang bedt om at udtale tallene hver for sig.</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Den ene pige lytter her spændt til udtalen af det tal, hun har bygget. Hun kan genkende at 40, som hun selv har indtalt i mikrofon, og som indgår i robotens udtale af tallet.</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Et af børnene siger: "hvad sker der hvis vi vender klodserne? - eller stiller dem op?"</p>	 <p>(5:21-24)</p>
<p>Børnene udtaler og peger på det sted de er nået til: 9.975.445 eller mere præcist det 9.995.445. Børnene lytter til robotens udtale</p>	 <p>(5:21-24)</p>



Efterfølgende afprøvedes en anden version af sammenligningsfunktionaliteten, som fortalte, hvor meget det ene tal var større end det andet, f.eks. at 21 er 3 større end 18. Dette udfordrede børnenes regneevner, idet børnene ikke helt var nået til subtraktion endnu. Derfor var denne funktionalitet lidt vel svær. Børnene kunne sammenligne størrelsen på et- eller tocifrede tal, og de mere eller mindre intuitivt fortælle, hvor stor forskellen på tallene var. Børnene kunne imidlertid ikke skrive et minusstykke op, selv om nogle af børnene prøvede. De kunne således ikke metodisk regne sig frem til forskellene. Børnene blev opfordret til at udføre talsammenligninger, hvor det ene tal f.eks. var to eller ti større end det andet, hvilket lykkedes. Børnene skulle netop i gang med subtraktion, så vi besluttede at vende tilbage til denne funktionalitet og afprøve den igen ved sjette og sidste iteration.

I forbindelse med evalueringen af interventionen og planlægningen af den næste nåede vi frem til følgende pointer:

Funktionaliteten til sammenligning af tal kunne bruges som indgang til dels at udtale tal, dels at forstå princippet i sammenligning og dels til at indgå i dialog om positionssystemet.

Den mere avancerede funktionalitet, som viste forskelle mellem tallene størrelse, viste sig at være skudt lidt over målet her i begyndelsen af anden klasse. Det viste sig, at arbejdet med klodserne var deres første møde med at trække fra.

Der var desværre en del usability-problemer med klodserne, som virkede lidt forstyrrende på testen. F.eks. var der en klods, der ikke virkede ordentligt, og den forstyrrende testen, indtil den endelig blev taget ud af forsøget.

Det blev besluttet at holde en sidste intervention, hvor der skulle luges ud i småproblemerne, og hvor øvelserne til børnene skulle tilpasses deres faglige niveau og samtidig udfordre dem.

### Den 6. og afsluttende intervention

I 6. intervention blev læreren inddraget i udviklingen af udbyggede funktionaliteter.

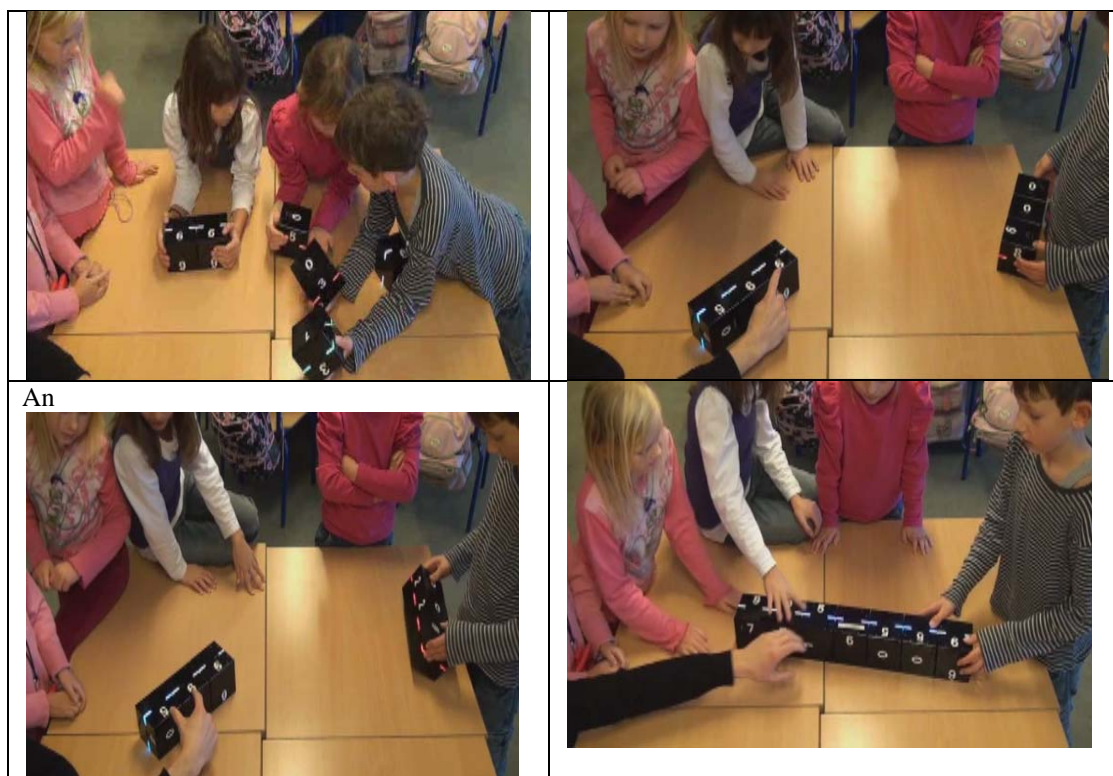
I denne intervention havde læreren en central rolle i forhold til at tale med børnene om tal og sammenligninger. I de tidligere interventioner underviste læreren en stor del af tiden de elever, som ikke deltog i afprøvningen af kuberne. Men i denne intervention havde læreren en aktiv rolle og gennemførte flere forskellige læringsaktiviteter med sammen med børnene.

Heunder er der et eksempel, se Tabel 5, hvor børnene bygger trecifrede tal. Først bliver børnene bedt om at vælge tre klodser hver. Derefter bygger de det størst mulige tal med de givne klodser. Så udtaler

## Læreprocesser og robotsystemer

den første gruppe deres tal med støtte fra læreren, som peger på de betydende cifre. Dernæst udtaler den anden gruppe tallet uden støtte. Børnene kan uden tøven fortælle, hvilket tal der er det største. Derefter forbindes talkonstruktionerne med den særlige sammenligningsklods, og robotsystemet udtaler og sammenligner tallene. Dette bekræftede børnene i deres udtale, og de kommenterede, hvem det nu var af deres klassekammerater, hvis stemme robotsystemet talte med.

TABEL 5 LÆRER OG BØRN BYGGER TRECIFREDE TAL



### 7.7 RESUMÉ AF DE AFSLUTTENDE INTERVIEWS (FASE 3)

Seks af børnene og deres matematiklærer blev interviewet ud fra en design- og læringsvinkel. De blev bl.a. spurgt om, hvordan de havde følt sig inddraget i designprocessen, og hvordan de oplevede at deltage i teknologiske designprocesser. Derudover blev de spurgt om, hvordan man kunne lære om positionssystemet ved hjælp af klodserne, og læreren blev særligt spurgt om, hvordan klodserne kunne inddrages i den daglige undervisning, og hvilke læringspotentialer han så.

#### Børnenes perspektiv

Børnene syntes, at det var noget helt særligt, at deres egne stemmer blev brugt som en del af prototypen. Når børnene blev spurgt, hvordan de havde indflydelse, var det derfor særligt brugen af deres

## Læreprocesser og robotsystemer

---

stemmer de nævnte. Læreren fremhævede også, at brugen af børnenes stemmer havde styrket deres ejerskab til processen. Børnene kunne desuden kende deres egne og hinandens stemmer:

*Barn 2: "...I har lyttet til vores ideer, det med at bruge vores stemmer... Man kan høre sin egen stemme og det er sjovt... Jeg siger noget med hundrede i spillet"(6:44)*

*Læreren: "De har glædet sig enormt meget, det er der slet ingen tvivl om. Det har ligget højt på deres ønskeliste. Børnene har også oplevet det som spændende og givende at være en del af processen..(1:02:52)"*

Alle børnene i interviewet ville gerne en anden gang deltage i teknologiske designprojekter, det være sig både som børn, eller når de blev voksne. De havde også ideer til, hvordan det eksisterende spil kunne blive sjovere, f.eks. ved at bruge computerskærmen mere aktivt og anvende filmklip af børnene som en del af spillet.

*Barn 3: (Skærmen)...kunne vise hovederne, som viste hvem der sagde det. Så det er sådan et lidt grønt hovedagtigt.. Ja og så kunne man f.eks. filme og så kunne man se sig selv i klassen, og så kunne man se det i klodsen (24:14)*

Normalt arbejdede børnene med tal, som maksimalt bestod af tre cifre.

*Barn 3: "til daglig arbejder vi højst med 100'er eller 1000'er" (16:00 – 28:30)*

Disse tal arbejdede de så med at udtale og lægge sammen. Og i den periode, vi kom i klassen, lærte de at trække fra. Børnene var desuden gode til at forklare, hvordan man gjorde tal større og mindre ved at tilføje eller fjerne cifre. Derudover forklarede de, at et tal gøres større ved at gøre det mest betydende ciffer større.

*Barn 3: "Hvis man sætter det højeste tal forrest og det mindste tal bagerst." "Det største tal vi har lavet er 95 nej 95.511" (16:00 – 28:30)*

Børnene mente desuden, at klodserne hjalp dem med at udtale tal, og at man kunne blive ved med at sætte klodserne sammen på nye måder.

*Barn 2: "man kan sætte tallene sammen på nye måder og blive ved og blive ved" (6:44-15:51)*

*Barn 3: "De høje tal hjalp den (robotsystemet) med at sige, hvor højt de var" (16:00 – 28:30)*

### Lærerens syn på design og læring med klodserne

Klassens matematiklærer blev interviewet efter sidste intervention, og han udtalte bla.:

*Læreren: "... jeg synes, det er glimrende, at vi starter fra scratches og byder ind med nogle ideer, og at man er involveret i processen. Og på samme måde med eleverne, at I var ude og spørge om de havde nogle ideer til, hvordan vi kan lave det er spil eller system."(56:00)*

## Læreprocesser og robotsystemer

---

Både lærer og elever syntes, at det var værdifuldt, at de blev inddraget, og at der blev lyttet til deres ideer. Underviseren syntes, at det var vigtigt, at de ikke blot lagde elever til, men at lærere og elever og kunne få udbytte af forsøgene.

Læreren mente, at det var oplagt at anvende klodserne i forbindelse med værksstedundervisning. Matematiktimerne var i forvejen delt op i almindelig klasseundervisning og så værkstedsundervisning, hvor børnene gruppevis arbejdede med fysiske artefakter og mindre spil, som er knyttet til det anvendte undervisningssystem.

Læreren blev spurgt, om klodserne kunne noget, som papir og blyant ikke kunne. Og han fremhævede, at klodserne kunne kommunikere på flere kanaler:

*Læreren: ”.. at de (klodserne) taler til mange kanaler på en gang, de står med klodserne og føler dem. Så det er konkret for dem, de får det ind auditivt, fordi de hører lydene... Når de arbejder på den måde, de har gjort nu, er der basis for at få nogle gode snakke med eleverne. ...Det er så umiddelbart – det er så nemt at skifte rundt: Og så gør vi dét i stedet for. Så skifter vi det tal ud med det.”(1:06:10)*

Læreren mente, at klodserne appellerede til flere kanaler hos børnene både auditive og taktile kanaler. Derudover gav fælles fysiske konstruktioner et godt grundlag for at tale med børnene og talstørrelser. Og klodsernes modularitet gjorde det nemt at ændre tal og talstørrelse.

Klodserne kunne være til stor hjælp for både de børn, som har rigtig svært og rigtig nemt ved matematik, se underviserens kommentar:

*Læreren: ”Det har hjulpet dem, det er jeg helt sikker på det har. xx har rigtig rigtig svært ved at sige tal, og vi har fået hjælp fra hjælpecentralen for at indkredse, hvad der er galt. ... Bare det at hun fandt ud af, at hvis hun placerede de store tal forrest, så blev tallet større, og de små tal bagefter og sådan nogle ting. Nogen gange så er der bare sådan helt lukket, og man kan slet ikke få hende til at arbejde med noget matematik. Det at det var så konkret for hende, når hun står med de der klodser (38:39)”..*

*... de dygtigste som f.eks. yy og zz. De har godt kunne sige nogen af de store tal. Men den der rytme har givet dem en struktur til at sige de store tal.*

Der var en særlig rytme i den måde robotsystemet udtalte tallene på, som hjalp børnene med at strukturere udtalen af store tal. Læreren bed mærke i den rytme, og mente at den rytme kunne bruges pædagogisk på samme måde som rytme i stavelser og remser, som kan gøre det nemmere at huske noget nyt:

*Læreren: ”De har sådan en rytme f.eks. 99.999, det bliver ret tydeligt for dem med tusinderne hundrederne osv. Og man kan høre på dem, at den der rytme begynder de også selv at bruge, når de skal sige tallene. Og det tror jeg er rigtig godt for dem, det bliver konkret for dem, og så får de sagt den der rytme også .... Men rytmen har givet dem en struktur til at sige de store tal. At det ikke bare bliver ohhhh, når det skal sige store tal. At den(systemet) har hjulpet dem med at strukturere udtalen. ”(52:00)*

Opsummerende vurderer læreren læringspotentialerne til at være baseret på en kombination af rytme, fysisk og auditiv interaktion og kollaboration:

*Læreren: ...Gøre dem sikre i talsystemets opbygning, i høj grad pga. af rytmen, og at de står konkret med klodserne. De står konkret med klodser, og de hører tallene auditivt, fordi computeren udtaler tallene. Og de får en snak om, at det her er større og mindre og sådan nogle ting. (55:22)*

---

### 7.8 RETROSPEKTIV ANALYSE (FASE 4)

---

Den retrospektive analyse er opdelt i:

- analyse i brugen af klodser i relation til min lærings analysemodel
- og analyse af designprocessen

#### **Retrospektiv analyse i brugen af klodser i relation til min læringsanalysemodel**

Casen analyseres med udgangspunkt i analysemodelle i afsnit 2.6 *Analysemodel for medskabende, reflekterende og innovative læreprocesser*.

*Socialitet og praksisfællesskaber* - Number Blocks bygger på samme måde som Fraction Battle på kollaboration. Dialogen om klodserne, som foregår børn imellem og med deres lærer, var en central del læreprocessen. Klodserne var et værktøj, som kunne avendes i en kollaborative proces, de gav feedback afhængigt af, hvordan de blev samlet. Brugen af Number Blocks foregik i skoleklassen på samme måde som i forrige case. Number Blocks var her konkrete artefakter, som børnene og deres lærer anvendte i matematikundervisningen. Praksisfællesskabet omkring matematik og i dette tilfælde mere specifikt Number Blocks dannede rammen for børnenes og lærerens aktiv deltagelse, jævnfør afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Børnene ønskede at være en del af dette fællesskab. Derfor deltog de gerne i alle de konkrete aktiviteter, der var i forbindelse med udviklingen af Number Blocks.

*Medskaben og kreativitet* - Børnene konstruerede selv de tal, som de skulle øve sig i at udtale. De fik f.eks. først tre klodser og fik gradvist flere og flere efterhånden, som de fik styr på udtalen. Systemet gav løbende svar på, hvordan tallene skulle udtales. Denne type læring kan sammenlignes med Paperts konstruktionisme, hvor den lærende lærer ved konstruktion og digital feedback, jævnfør afsnit 4.1 *Singulære robotsystemlæremidler: Paperts robotskildpadde*.

De udviklede selv konkurrencer, der handlede om at konstruere og udtale det største tal, hvilket var kreativt, idet der ikke var indbygget noget gameplay. Denne type kreativitet er legende og kan sammenlignes med Bateson begreb "det er bare leg", hvor de lærende eksperimenterede i en tryk ramme, jævnfør afsnit 2.5 *Trin 5: Leg, medskaben og eksperimenterende læreprocesser*.

*Refleksion* - Eleverne blev opfordret til at udtale tallene, inden systemet fik besked om at komme med den korrekte udtale. Og de sammenlignede tal og kom med bud på forskellen, før de egentlig kunne trække dem fra hinanden. Dette gav et vekselspil mellem en mere intuitiv og en mere bevidst og begrebslig tilgang til emnet.



Lyd og rytme spillede en stor rolle for børnenes fornemmelse for tallene. Rytmen lærte dem at strukturere udtalen af tallene, og det var i næste instans også med til at give dem en forståelse af logikken i opbygningen af tallene. Med hensyn til lyden havde det betydning, at børnene kunne genkende deres egne stemmer i robotens udtale. Ud over at dette oplevedes som sjovt og underholdende, var det med til at gøre børnene mere fortrolige og trygge ved robotsystemet.

Dette understøttede en løbende at reflektere over tal og deres udtale undervejs i øvelserne. Denne type refleksion kan benævnes som refleksion-i-handling, jævnfør afsnit 2.2 *Trin 2: Social praksisorienteret læring, handling og refleksion*. Denne type refleksion forekommer netop, når den lærende aktivt er i gang med en aktivitet.

*Kontekster* – At stykke tal sammen ved hjælp af klodser var ny kontekst for børnene. I en normal "klods-kontekst" ville de have brugt klodser til at bygge tårne eller finurlige LEGO-konstruktioner, dette kan beskrives som en legende kontekst. Nu skulle de overføre denne forudgående erfaring til en undervisningssammenhæng. Klodserne med tal på er en slags kæmpe terninger. Den nye kontekst for tal gav børnene mulighed for at kombinere tal og gøre dem større eller mindre blot ved at flytte en klods. Det gjorde det tydeligt for børnene, at cifrene var konkrete talkomponenter, og skulle et tal gøres større byttede de blot om på rækkefølgen. Læremidlet forbinder en legende kontekst med en matematikkontekst, og denne kobling mellem disse kontekster medvirker til, at børnene kan arbejde på en ny måde med positionssystemet.

I dette indgik også, som nævnt, ovenfor, en vekslen mellem en mere kropslig og intuitiv omgang med talene og en mere intellektuel og begrebslig forståelse. Børnene kunne komme langt ved at forsøge sig frem, lytte til rytmen i robotens udtale og lege med tallene. Men efterhånden dannedes et grundlag, som kunne give afsæt for "at snakke" om tal, sammenligninger og talsystemets opbygning. Altså en mere begrebslig og eksplicit læring.

Anvendelse af erfaringer og viden i nye omgivelser svarer til Bateson læring 2, jævnfør afsnit 2.1. *Trin 1: Refleksion i læring og læringstaksonomi*. Denne type læring giver den lærende en mulighed for igennem nye oplevelser gradvist at tilpasse og udvikle sin viden.

### **Retrospektiv analyse af designprocessen**

Herunder redegøres der for de særlige erfaringer, der var med designprocessen i forbindelse med udvikling af Number Blocks

Designprocessen inddrog målgruppen som aktive deltagere, bragte dem med i et skabende praksisfællesskab. Praksisfællesskabet for design af Number Blocks kom således til at bestå af eleverne, deres matematiklærere og de tilknyttede forskere. I dette fællesskab fik alle nye erfaringer med teknologiske designprocesser om end i forskellig grad.

*Medskaben og kreativitet* - Børnene blev opfordret til at deltage i designprocessen inden for en række konkrete områder.

De bedt om at deltage i brainstormprocessen i begyndelsen af udviklingsprocessen. Børnene foreslog ikke uventet ideer om addition og subtraktion. De foreslog matematiske emner, de havde arbejdet med,

og da de gik i slutningen af første klasse ved første intervention, var deres matematiske erfaringer meget begrænsede. Derfor var det også i denne case ikke muligt at anvende børnenes konkrete ideer direkte. Deres ideer gav os dog en ide om børnenes matematikfaglighed. Derfor blev indholdet af læremidlet udvalgt på baggrund af ideer fra referencegruppen af matematiklærere og forskergruppen.

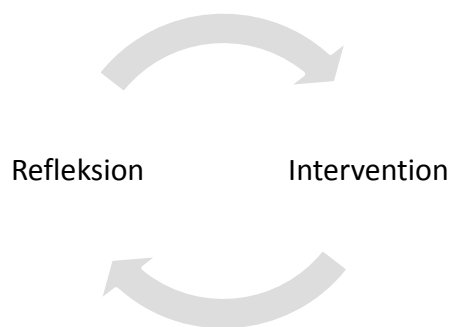
Derudover blev børnene bedt om at indtale stemmer til klodserne. Dette gav dem en konkret fornemmelse af at de bidrog til designprocessen, og det var en del af det, der senere gjorde det interessant for børnene at anvende klodserne, f.eks. at programmet kombinerede deres stemmer til udtale af de meget store tal. Derudover gav brugen af egne stemmer børnene et særligt ejerskab overfor projektet.

Deruden var børnene testere af systemet undervejs. Dvs. at de leverede konkret input til, hvad der fungerede, og hvad der ikke fungerede rent teknisk. Derudover gav den løbende test mulighed for præcist at tilpasse læremidlet til klassens faglige niveau. Desuden fik vi indtryk af, hvor meget støtte børnene havde behov i udtalen af tal, og hvor hurtig børnenes progression var, når de gik fra at udtale mindre tal til at udtale større tal.

Børnene fik en forståelse for de enkelte trin i designprocessen, idet de fra intervention til intervention kunne følge udviklingen af læremidlet. Dels fik læremidlet f.eks. nye features, og dels blev der rettet småfejl undervejs. Refleksionen var dog ikke bevidst, og børnenes rolle var af optimerende natur i forhold til udviklingsforløbet. Læremidlet blev gradvist optimeret som følge af børnenes deltagelse i processen.

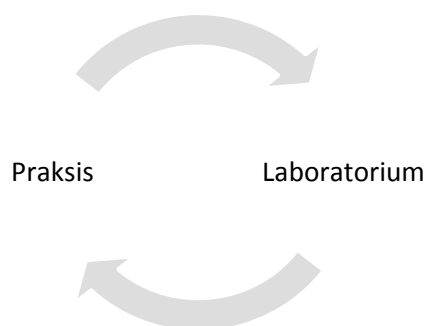
*Designmuligheder i fremtidige læremidler* - Designprocessen var central for børnenes læreproces, idet designprocessen gav dem nye og særlige muligheder for at være aktive deltagere. Dette var en unik mulighed for netop denne klasse, som var med til at designe læremidlet. Men hvad med kommende brugere, som ville møde læremidlet i mere færdig udviklet form? For nye læremidler kunne permanente designmuligheder tænkes ind, f.eks. kunne der udvikles et brugerinterface til Number Blocks, hvor fremtidige brugere selv kunne indtale tal og foretage andre designbeslutninger. Man kunne også forestille sig et programmeringsinterface, som det, der findes til Lappsets hinkeruder, jævnfør afsnit 4.3 *Singulære robotsystemlæremidler: Digitale legepladser til leg, læring og bevægelse*. I følge lokale erfaringer fra Rosengårskolen, kan børn fra 3. - 4. klasse programmere småspil til denne platform (Skoleteknologisk netværk, konference maj 2011). Læremidlet kunne altså præsenteres for nye brugere i delvis ufærdig form, så brugerne selv skulle tilpasse det i samarbejde med læreren.

*Betydningen af interventionerne for udviklingsprocessen* - De mange iterationer i designprocessen gjorde, at forskerne konstant kunne stille spørgsmålstejn ved, om spilideen fungerede hensigtsmæssigt, og hvad der skulle justeres undervejs. Derudover var det muligt at få nye ideer undervejs, som kunne afprøves i praksis. Den iterative proces var planlagte cyklusser af handling og refleksion over praksis, se Figur 64. Den refleksion, der sker i forlængelse af interventionen, kan som nævnt være af optimerende karakter, som Schöns refleksion-over-handling (Schön, 2001). Refleksionen kan derudover være af en mere kreativ og skabende karakter. Vekselvirkningen mellem refleksion og intervention var en proces, der skabte dynamik og kontraster i udviklingsprocessen. I denne dynamiske vekselvirkning opstod ny viden og nye erfaringer med, hvad der fungerer læringsmæssigt og teknologisk. Scharmer kalder den form for ny viden for transcenderende og beskriver den som blivende til i samspillet mellem at gøre og at vide (Scharmer, 2001).



FIGUR 64 VEKSELVIRKNING MELLEM INTERVENTION OG REFLEKSION

*Synergi mellem klassens og laboratoriets kontekst* – For forskergruppen var der to konkrete kontekster for designprocessen. Der var praksisfeltet og laboratoriet, se Figur 65. Praksisfeltet var klassen, hvor teknologien blev testet, og laboratoriet var der, hvor teknologien blev udviklet. Denne vekselvirkning mellem praksis og laboratorium gjorde det nemmere at overføre erfaringer mellem de to kontekster. F.eks. kunne softwareudvikleren ved konkrete iagttagelser af overraskende brug med klodserne udføre en slags indre debugging, som vil gøre senere fejlretning nemmere. Derudover kunne målgruppens konkrete brug af klodserne medvirke til fokusere på, hvilke ideer der skulle implementeres næste gang, og f.eks. hvordan klodserne skulle mærkes, således at de passede bedre til brugen.



FIGUR 65 VEKSELVIRKNING MELLEM PRAKSIS OG LABORATORIUM

---

### 7.9 OPSAMLING

---

Læreprocessen kvalificeredes, idet børnene nu havde mulighed for at fordybe sig i talkonstruktion og positionssystemet på en ny måde. De kunne bygge og kombinere tal, og samtidig fik de feedback på talordenes udtale. Børnene fik en håndgribelig interaktiv repræsentation af positionssystemet, hvilket gjorde at de fik en bedre forståelse med positionssystemet. Den fysiske og konstruerende håndtering af klodserne samt den rytmiske udtale af tallene var nogle af de særlige kvaliteter ved Number Blocks.

Designprocessen blev præget af vekselvirkningen mellem laboratorium og praksis, idet erfaringer fra praksis fik direkte virkning på designbeslutningerne. Specifikationer og læringsmål blev først gradvist fastlagt, idet brugen af number blocks i praksis påvirkede designbeslutningerne og dermed læringsmålene.

Børnene som medskabere medvirkede til at give et børneperspektiv på designprocessen. Børnenes måde at definere lege på med klodserne, blev en naturlig del af den måde klodserne skulle bruges på. Derudover havde børnene en vigtig rolle ved at teste klodsernes virkemåde i praksis og give fingerpeg om den overordnede ide fungerede.

---

### 7.10 FREMTIDSPERSPEKTIVER FOR NUMBERBLOCKS

---

Number Blocks er en prototype, som har gode potentialer for at blive videreudviklet med ny funktionaliteter. Prototypen er blevet præsenteret på faglige konferencer (CELDA Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age 2010)(FLUID om Pervasive læring), og der er her kommet mange gode forslag til videreudvikling og spørgsmål om f.eks. produktionspris.

Man vil kunne forestille sig at bygge videre på den matematikapplikation, der allerede er skabt, f.eks. udvide med regningsarter, eller udvikle applikationer som rækker mere ind i fysikkens verden.

Klodserne er dog stadig forskningsprototyper, og det ville kræve et særligt forskningsprojekt eller kommercialiseringsprojekt at gøre klodserne salgbare. Der ville skulle luges ud i de småfejl, og klodserne vil skulle igennem et redesign, således at der kun er den absolut mest nødvendige elektronik i dem.